

## **SISTEMAS ALTERNATIVOS DE BAJO COSTO PARA CALENTAMIENTO DE AGUA: COMPARACION DE DOS TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS Y SU SITUACION DE USO.**

Gustavo San Juan<sup>2</sup>, Graciela Viegas<sup>3</sup>, Marcos Hall<sup>4</sup>, M. Victoria Barros<sup>5</sup>, Jesica Esparza<sup>4</sup>, Carlos Discoli<sup>2</sup>, Carlos Gentile<sup>6</sup>, Elias Rosenfeld<sup>1</sup>, Juan José Arévalo<sup>7</sup>

Unidad de Investigación N°2 del Instituto de Estudios del Hábitat (IDEAHAB)

Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental (LAMbDA-λ),

E-mail [lambda@arqui.farulp.unlp.edu.ar](mailto:lambda@arqui.farulp.unlp.edu.ar)

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata.

Calle 47 N° 162, CC 478. Tel/fax +54-0221-4236587/90 int. 254. La Plata (1900)

E-mail: [gustavosanjuan60@hotmail.com](mailto:gustavosanjuan60@hotmail.com), [discoli@rocketmail.com](mailto:discoli@rocketmail.com)

**RESUMEN:** Se presentan los resultados de la construcción, medición y comparación de dos tipos de colectores acumuladores de bajo costo. Se compararon dos colectores de 2 m<sup>2</sup> de superficie de captación y 80 Kg (lt) de acumulación. Las superficies absorbedoras han sido construidas con materiales sintéticos: policloruro de vinilo (PVC) y polietileno (Pe), con una sección de parrilla de 0,05 m (2"). En consecuencia, se presentan las ventajas y desventajas de los procesos de fabricación con relación al medio social en el cuál serán transferidos (comunidad de escasos recursos). Se analizan los niveles alcanzados en la temperatura del agua localizada en el tanque de acumulación a través del análisis de dos situaciones de uso: una dinámica (extracción diaria por mecanismo manual) y otra estática (sin extracción alguna). El periodo de medición corresponde a 18 días del período invernal (24/07 al 10/08 de 2007).

**Palabras clave:** colector acumulador- bajo costo- comunidad de escasos recursos

### **INTRODUCCIÓN**

El trabajo se sustenta en los proyectos: "Transferencia tecnológica para la mejora de la vivienda de interés social con conciencia ambiental e incorporación de tecnología solar, en una comunidad productora rural" (G. San Juan, IDEHAB-FAU-UNLP, 2006), financiado por la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad Nacional de La Plata, y "Sistemas alternativos de bajo costo para el saneamiento ambiental y la producción energética aplicada a sectores de escasos recursos"; PICT ANPCyT, N°13-12601/03. (Roselfeld, E., Discoli C.; IDEHAB-FAU-UNLP. 2004/2006).

Estos proyectos, a partir de la utilización de tecnología apropiada, apuntan a dar respuestas a sectores de la comunidad cuya situación de pobreza limita su alcance a las condiciones básicas de higiene, salubridad y consumo energético, por consiguiente, a la inexistencia de recursos mínimos de saneamiento. Se pretende alcanzar un alto grado de *Aceptación social de la tecnología*, entendida como el comportamiento de los individuos ante el proceso de gestación y transferencia de las mismas y su grado de conformidad en el marco de sus posibilidades socio-económicas.

Durante el año 2006 se construyeron y ensayaron 3 probetas de colectores de medio metro de superficie, cuyas placas colectoras fueron: hidrobrazo (HB) de 0,0125 m (½"), Policloruro de Vinilo (PVC) de 0,05 m (2") y Polietileno de 0,0125 m (½") (Pe). Con respecto a su respuesta térmica ante la radiación las temperaturas máximas alcanzadas en la salida de la placa (entre las 15,45 y 16,15hs para el mes de Julio) fueron de: HB: 52,6°C, PVC: 44,4°C y Pe: 41,8°C con diferencias de temperatura en relación al de HB de 8,2°C y 10,9°C, respectivamente.

Entre las premisas del proyecto se encontraban la utilización de materiales no habituales de bajo costo (como plásticos, PVC, polietileno negro, polipropileno, etc.); la facilidad constructiva, por medio de herramientas de uso familiar (accesibles a cualquier hogar) y la posibilidad de su realización por medio de la auto construcción sin la necesidad de inclusión de mano de obra calificada en el proceso constructivo. Entre las condiciones de uso, se consideraron los niveles de alcance térmico con exigencias menores respecto a los sistemas comerciales de mayor costo, debido al requerimiento de uso de tecnologías altamente transferibles y replicables a sectores poblacionales que no disponen de recursos físicos, técnicos y económicos para el acceso a los servicios tradicionales.

A partir de lo expuesto y de las mediciones obtenidas con las "probetas" de ½ m<sup>2</sup>, surgió la necesidad de ensayar colectores a escala real. Para ello, recurrimos al armado de equipos de 2 m<sup>2</sup> de colección y 80 lts de agua de acumulación para poder reconocer y estudiar su posibilidad de alcance de temperaturas máximas posibles. Estos

<sup>1</sup> Investigador Principal CONICET-<sup>2</sup> Investigador Adjunto-<sup>3</sup> Becaria CONICET-<sup>4</sup> Becario ANPCyT-<sup>5</sup> Becario UNLP-<sup>6</sup> Investigador UNLP-<sup>7</sup> Colaborador-

sistemas nos permitieron realizar ensayos dinámicos y estáticos en función de distintas situaciones de uso. En el caso dinámico, se simula respecto al consumo de una familia tipo, con el objeto de poder obtener información para la realización de un kit pre-armado de estos sistemas y posibilitar una transferencia de auto-construcción para tecnología adecuada con una mínima inversión económica.

A los efectos de mejorar el desarrollo constructivo y didáctico de transferencia, en la segunda mitad del año 2006 se desarrolló un curso teórico-práctico para la autoconstrucción de colectores solares de bajo costo. En este caso los sistemas transferidos fueron equipos con placa absorbadora metálica de Hidrobronz (HB) y con placa plástica de Policloruro de Vinilo (PVC). Esta capacitación fue realizada en el Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental (LAMbDA-λ) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP, a la cual asistieron Productores del Parque Pereyra Iraola y miembros de cooperativas de la ciudad de La Plata. El curso, a partir del armado de los prototipos, permitió no sólo transferir y corregir tecnología en función de la experiencia aplicada, sino que brindó conocimiento acerca de los fenómenos físicos involucrados en el calentamiento solar de aire y agua. Se observaron las probetas medidas en 2006, otras alternativas económicas para calentamiento de agua y se comentaron las experiencias previas. A su vez, una de las jornadas del curso, se enfocó en la problemática del hábitat, donde la temática “Vivienda y Salud” permitió el intercambio de reflexiones personales y grupales. De esta experiencia y del diálogo reflexivo, surgió una serie de conclusiones y se verificaron algunas de las hipótesis planteadas:

- De los dos sistemas transferidos, el de parrilla de PVC resultó ser el más aceptado, por su facilidad de construcción y bajo costo. En el caso del HB, en oposición, existe la necesidad de utilizar herramientas específicas y mano de obra calificada en el procedimiento de soldado de los montantes a los caños colectores (soldadura con barras de estaño y/o plata).
- En cuanto a las temperaturas alcanzadas por el agua en las parrillas de materiales plásticos, se comprobó que a pesar de existir una diferencia de menos de 8 a 10 °C respecto a la parrilla metálica, la relación costo - facilidad constructiva, llevo al grupo a considerar esta alternativa como una opción apropiada para satisfacer sus necesidades básicas. Dicha opción esta fundamentada en la imposibilidad de disponer de recursos económicos para el calentamiento del agua, realizándolo de manera manual por medio de la quema de biomasa y por ser el material plástico, como el polietileno, el utilizado para el riego de los cultivos en el Parque Pereyra.
- En consecuencia de todas las tecnologías expuestas durante el curso para la construcción de la parrilla del colector en materiales plásticos, se consideró como opción el uso de caños de polietileno en secciones de 0,05 m (2”) para equiparar el rendimiento con el de PVC, reduciendo el precio y aumentando la facilidad de construcción. También es importante señalar que, actualmente, el PVC ha sido criticado por las importantes controversias respecto al origen de su composición química, pero sin respuestas definitivas. Por lo cual hemos decidido utilizar como alternativa el polietileno ya que mantiene sus ventajas en relación a la facilidad y al costo.

Por lo tanto, a partir de la experiencia obtenida en el curso de transferencia, puede señalarse que el prototipo de hidrobronz ha demostrado mayor eficiencia y mejor respuesta mecánica pero es de mayor costo y mayores dificultades de realización. El prototipo de PVC es muy viable para su transferencia debido a su bajo costo y facilidad en su construcción, pero es cuestionado en cuanto a la posibilidad de contaminación. El prototipo de Pe parecería en consecuencia el más apropiado a partir de los aspectos descriptos.

## OBJETIVOS

A Partir de la experiencia lograda, el trabajo expone los resultados obtenidos a partir de los objetivos previstos en el proyecto tales como:

Objetivo general: se plantea mejorar la calidad de vida de pobladores con amplias limitaciones económicas, así como capacitar a personas beneficiarias con planes de ayuda económica, transfiriendo tecnología de baja complejidad.

Objetivos específicos:

- Verificar el comportamiento de los prototipos en situación de uso estático (sin extracción de agua)
- Analizar el funcionamiento de los mismos en relación a un uso doméstico estandarizado diario -día a día- (situación dinámica).
- Analizar las variantes respecto de sus respuestas físico-mecánicas y térmicas con relación a la posición de la parrilla (vertical u horizontal).
- Obtener un kit de autoconstrucción para ser próximamente transferido a sectores rurales de escasos recursos.

## DESARROLLO

El desarrollo involucra las siguientes etapas:

### *Etapas de construcción*

Se han desarrollado dos sistemas para calentamiento de agua solar constituidos con 2m<sup>2</sup> c/u de colección a través de parrillas de caños de materiales plásticos, uno de policloruro de vinilo (PVC) y otro de Polietileno (Pe), ambos de

secciones de 0,05 m (2"). Otra variante es la disposición de la parrilla, horizontal y vertical. El resto del equipo, caja y tanque acumulador, tienen las mismas características y dimensiones. Las etapas y procesos involucrados se muestran en la tabla 1:

Proceso	ARMADO PARRILLA						PINTADO	CONEXIÓN A TANQUE		
Material	Herram.	Pegado	Dilatación	Mecánica	Ajuste	Dilatación		Pegado	Mecánica	Ajuste
Pe	Sierra		Pistola cald	Encastre	Abrazadera	Pistola calor				Abrazadera
P.V.C.	Sierra	Fundente					Esm. sintético	Sellador	Rosca	

Tabla 1: Etapas y procesos involucrados en la construcción de ambos sistemas.

La caja fue realizada en chapa galvanizada N° 22, aislación térmica de 0,02 m de poliestireno expandido de alta densidad (20kg/m3), forrada en papel de aluminio y para la cubierta transparente se optó por policarbonato de 4 mm de espesor pese a que ante un costo relativamente mayor presenta una mejor respuesta a las maniobras de construcción y a una mayor resistencia mecánica.

Para el tanque acumulador se utilizaron recipientes plásticos de 80lt, los cuales fueron aislados con 5cm de lana de vidrio y envueltos en otro tanque de mayor sección. Para las conexiones se utilizaron mangueras de 0,01875 m (3/4") y uniones de polipropileno, todas ellas recubiertas con aislación térmica para cañerías de 1cm, protegida con papel aluminio.

Las parrillas fueron realizadas con uniones T y caños comerciales. En el caso de PVC las uniones se realizan con material fundente garantizando una excelente estanqueidad de las mismas. En el caso del polietileno no se encontraron pegamentos apropiados. Por tal motivo las uniones se resolvieron con fijación mecánica zunchadas con alambre o abrazaderas en la base de la unión T, previo ablandamiento del material con pistola de calor. El zunchado elasto- plástico resolvió los problemas relacionados a la prueba hidráulica en frío (presión de 0,8 kg m), encontrado algunas filtraciones durante su funcionamiento por problemas de ablandamiento.

En cuanto a la superficie absorbidora, la parrilla de PVC debe ser pintada utilizando esmalte sintético en aerosol color negro mate. En la parrilla de Pe los caños se mantuvieron con su color original (negro semi brillante) a los efectos de verificar la posibilidad de eliminar en la etapa constructiva el pintado a pesar de que esto pueda modificar la capacidad de absorción de la superficie.

Las figuras 1 y 2 muestran el proceso de fabricación y la disposición de los sistemas.



Figura 1: Detalle del proceso de construcción de parrillas.



Figura 2: Instalación de los sistemas- Parrilla de PVC- Parrilla de Pe.

#### Etapas de Análisis térmico del sistema

Luego de ser verificada y medida en trabajos anteriores (San Juan, 2006), en el presente trabajo se implementa la misma metodología a los efectos de verificar los niveles térmicos alcanzados en las experiencias anteriores. El instrumental utilizado corresponde a un adquisidor de datos OM-CP-CCTTEMP de 8 canales con sensores de temperatura de entrada y salida de agua del colector; localizándose en los puntos medios del estrato inferior y

superior de acumulación. En todos los casos se utilizan termocuplas de cobre-constatan (tipo “T”). La temperatura ambiente fue medida simultáneamente in situ a través de un sensor incorporado al sistema adquisidor de datos que junto a las demás termocuplas.

La radiación solar sobre plano horizontal se midió con un radiómetro EPPLEY tipo PSP conectado y adaptado a un Microloggers HOBO H06-006-04, para termocupla tipo “J”. El procesamiento de la información se realizó con el “OMEGA2”, para las termocuplas, y el “Box Car Pro 3.01” para la información de los HOBO.

Para el ensayo se tuvieron en cuenta las similitudes y diferencias características de cada sistema:

- i. Similitudes: a. Superficie expuesta de colector = 2 m<sup>2</sup>; sección de parrilla 0,05 m (2”); b. Capacidad de acumulación en tanque = 80 kg (lt) por colector; c. Ubicación e inclinación (60°, para condición de invierno); d. Tipo de conexiones y aislamiento térmica; e. Superficie transparente en cuanto a material, tamaño y espesor; material y aislamiento de la caja.
- ii. Diferencias: a. material constitutivo de la placa colectora, PVC y Pe; b. Disposición de la parrilla (PVC- posición horizontal, 16,48 metros lineales), (Pe- posición vertical, 14,32 metros lineales de caño).

El proceso de medición se establece de la siguiente forma:

- i. Medición estática en el período invernal del 28 de Julio al 10 de Agosto. No se realiza extracción de fluido. Se trabaja con series de días típicos con buena heliofanía (Radiación media = 600 w/m<sup>2</sup> y max. 700 w/m<sup>2</sup>), y días con nubosidades intermedias con registros de radiaciones mínimas del orden de 130 w/m<sup>2</sup>.
- ii. Medición dinámica en el período invernal del 24 de Julio al 27 de Julio: Se realiza extracción del fluido y se consideran los tres días tipo de diseño para el mes de Julio (máximas para cada día tipo: 580 w/m<sup>2</sup>; 370 w/m<sup>2</sup>; 180 w/m<sup>2</sup>)

## RESULTADOS

### Mediciones sistema estático

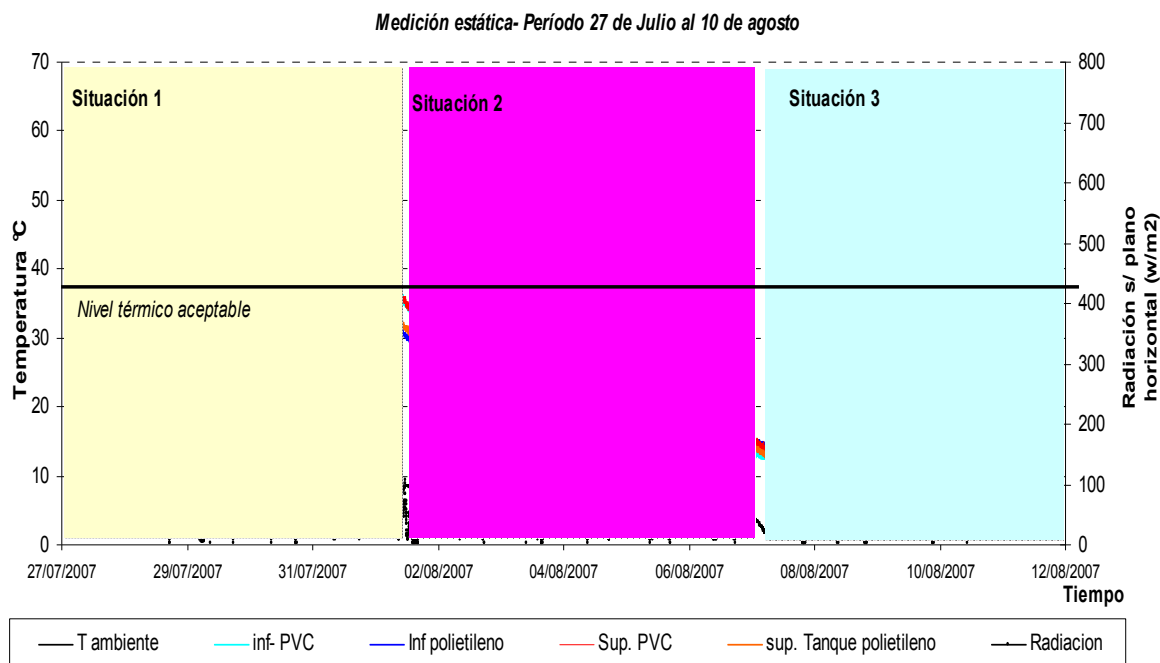


Gráfico 1: Período de medición del 27 de Julio al 10 de agosto. Situaciones encontradas.

Se distinguen tres situaciones diferenciadas a analizar:

- *Situación 1 –“Niveles térmicos máximos alcanzados”:* Con una sucesión de días con alta heliofanía, los sistemas alcanzan una temperatura superior a 38 °C. Se alcanzan valores máximos de 52 °C para el colector de Pe y 57 °C para el de PVC. A partir de este análisis y teniendo en cuenta que la caída de temperatura nocturna registró 10 °C, en algunos casos las elevaciones en los tanques se mantienen hasta el día siguiente por encima de este nivel mínimo (Ver gráfico 1). Los niveles alcanzados con estas condiciones climáticas nos permiten verificar la viabilidad de estos equipos en cuanto a requerimientos térmicos. Se debe recordar que los mismos deben responder a situaciones básicas de uso en sectores con bajos recursos económicos.

- *Situación 2- “Deficiencia del sistema”*: Con varios días de bajos niveles de radiación y teniendo en cuenta la pérdida térmica nocturna de 10 ° C, los sistemas no logran mantener la temperatura del agua en niveles aceptables, por lo cual dejan de ser eficientes como acumuladores (Ver gráfico 1).
- *Situación 3- “Recuperación térmica del sistema”*: Luego de una climatología adversa y ante una sucesión de días con alta heliofanía, se puede observar la rápida respuesta térmica de los sistemas. En el primer ciclo logra elevar los niveles de temperatura del agua a rangos aceptables entre 42 °C y 43 °C, (Ver gráfico 1)

En la tabla 2 se referencia los datos obtenidos en ambas temporadas de mediciones 2006 y 2007, considerando un día tipo con radiación máxima sobre el plano inclinado de de 740 w/m2 a 780 w/m2. Las mayores temperaturas de salida de placa se registraron en ambos casos a las 15:30 h. con una radiación instantánea de 630 w/m2. Debe recordarse que para la medición de 2006 se utilizaron “probetas” de ½ m² a los efectos de establecer la viabilidad tecnológica y los niveles térmicos alcanzables. En la medición de 2007 y con equipos a escala real se verifican y superan los registros anteriores, ratificando las potencialidades tecnológicas de los sistemas propuestos.

<b>DIA</b>	24/07/2006									
<b>Radiacion Maxima:</b>	780 w/ m²									
<b>Inclinacion (Inv.):</b>	60°									
<b>Hora:</b>	13:15 hrs.	<b>Material</b>	<b>Superficie</b>	<b>Vol. Agua</b>	<b>Seccion</b>	<b>Radiacion</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp. Ent.</b>	<b>Temp. Sal.</b>	
<b>Temp. Amb.:</b>	17 C°	P.V.C.	0,50 m²	30 lts.	2"	630 w/ m²	15:30 hrs.	40 °C	44 °C	
<b>Medicion estática</b>		Pe.	0,50 m²	30 lts.	3/4"	630 w/ m²	15:30 hrs.	36 °C	41 °C	
<b>DIA</b>	28/07/2007									
<b>Radiacion Maxima:</b>	740 w/2									
<b>Inclinacion (Inv.):</b>	60°									
<b>Hora:</b>	13:08	<b>Material</b>	<b>Superficie</b>	<b>Vol. Agua</b>	<b>Seccion</b>	<b>Radiacion</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp. Ent.</b>	<b>Temp. Sal.</b>	
<b>Temp. Amb.:</b>	10,6	P.V.C.	2 m²	80 lts.	2"	630 w/ m²	15:30	42,85	51,65	
<b>Medicion estática</b>		Pe.	2 m²	80 lts.	2"	630 w/ m²	15:30	40,6	47,29	

Tabla 2: Registro de mediciones realizadas en el año 2006 y el año 2007.

#### Medición sistema dinámico

Se realizaron extracciones diarias de agua caliente para verificar las respuestas térmicas de los sistemas ante el uso cotidiano. Se diseñó un perfil de uso del agua caliente que respondía a tres horarios: mañana, mediodía y tarde, conforme al contexto de los lugares de implantación posibles (comunidades de escasos recursos). En total se extrajeron 45 lts por día, con una distribución de extracciones acorde a la dificultad de acceso al recurso, el cual, actualmente, se obtiene mediante la extracción por bomba a gasoil y calentamiento por quema de biomasa. En consecuencia se propone un uso racional del recurso distribuido como se observa en la tabla 3:

<b>Horario</b>	<b>Actividades</b>	<b>Litros consumidos</b>	<b>Litros totales</b>
Mañana	Aseo personal de tres personas	2 lts por persona	6 lts
	Baño de un niño	4 lts	4 lts
Medio día	Lavado de verduras	5 lts	5 lts
	Lavado de platos para 6 personas	10 lts	10 lts
Tarde	Aseo tipo ducha de 1 mayor	20 lts por persona	20 lts
<b>TOTAL</b>			<b>45 lts</b>

Tabla 3: Extracción diaria de agua caliente

En este caso se decide conservar constante el valor de la extracción de agua diaria para poder obtener conclusiones comparables en cuanto a la temperatura que alcanza y mantener el sistema en condiciones climáticas variables. Cabe aclarar que el uso de estos sistemas debe ser regulado en función de las condiciones climáticas. Debido a que estos sistemas de bajo costo están orientados a sectores de bajos recursos con condiciones y requerimientos mínimos, es importante capacitar al usuario en la racionalización del agua caliente en días desfavorables, y el aprovechamiento de la misma en días de buena radiación solar.

En los gráficos 2 y 3 se observan las temperaturas registradas durante 4 días consecutivos de extracción de agua caliente de ambos sistemas y su reposición simultánea de agua a temperatura ambiente. Se tomaron registros en el estrato superior e inferior de tanque de acumulación y en el tanque de alimentación antes y después cada extracción. Se registraron las temperaturas con las termocuplas ya descriptas en la metodología de medición y se cotejaron con registros manuales.

El período de medición considerado incluyó los tres días tipo de diseño de julio para la región de estudio (Guerrero, 1978):

- Día tipo de Julio 1: con un peso estadístico del 30 %, una Heliofanía relativa mayor a 0,7. Un registro de Radiación máxima sobre plano horizontal de 580 w/m2 al mediodía solar y una T° max de 13,5°C.
- Día tipo de Julio 2: con un peso estadístico del 25 %, una Heliofanía entre 0,2 y 0,7. Un registro de Radiación máxima sobre plano horizontal de 370 w/m2 al mediodía solar y una T° max de 15,5°C.
- Día tipo de Julio 3: con un peso estadístico del 45 %, una Heliofanía menor a 0,2. Un registro de Radiación máxima sobre plano horizontal de 180 w/m2 al mediodía solar y una T° max de 13,5° C.

El día previo al inicio de la medición dinámica correspondió a un día plenamente despejado, en el cual los sistemas cargaron y acumularon una temperatura de aprox. 32 °C.

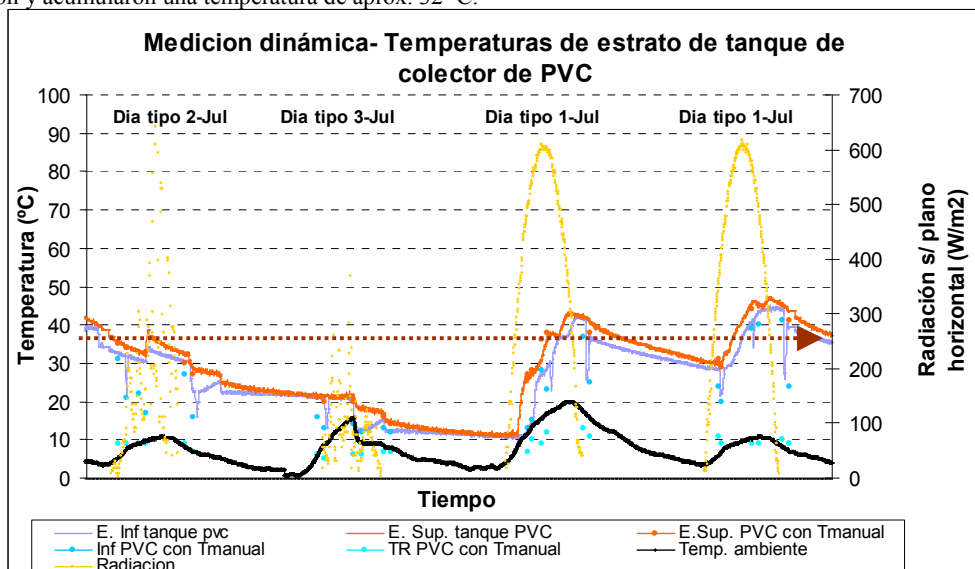


Gráfico 2- Medición de cuatro días en sistema dinámico para colector de PVC

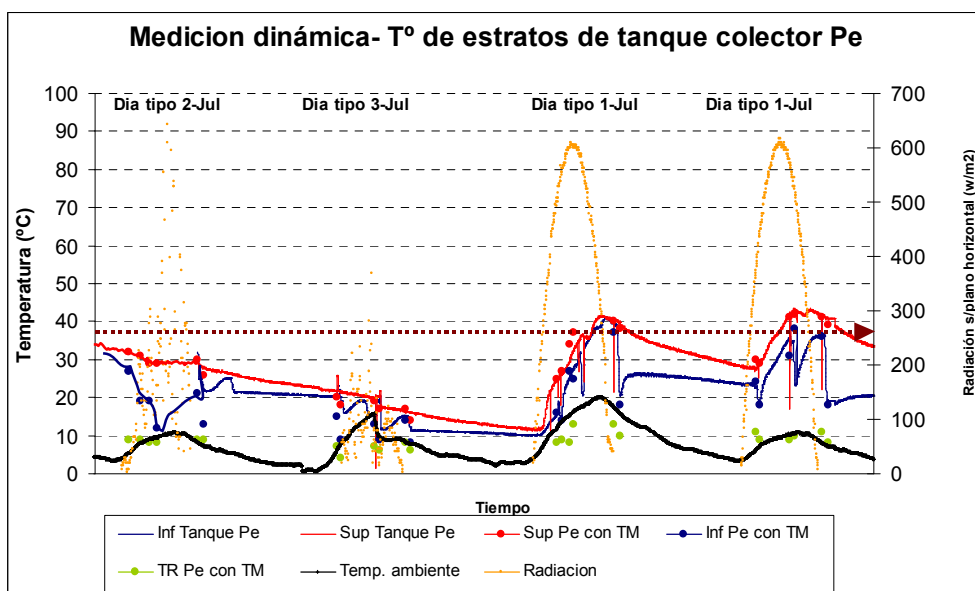


Gráfico 3- Medición de cuatro días en sistema dinámico para colector de Pe

De las gráficas anteriores se puede observar:

- **Respecto de la estratificación:** En ambos sistemas se verifica como se conserva la estratificación al realizar extracciones de agua con un caudal promedio de 0,16 kg/seg (10 lts/minuto). La mayor diferencia se observa entre los estratos inferiores donde se produce la reposición con agua fría. En el sistema con colector de PVC los estratos superior e inferior se equilibran rápidamente y en el sistema con colector de Pe estos procesos son más lentos y permanecen con una diferencia de 4 °C por debajo del estrato superior en oposición al de PVC. La diferencia se infiere a partir de que el sistema de PVC, por sus características constructivas cuenta con una mayor superficie de captación a partir de un incremento de cañerías de 12,5% respecto al colector de Pe.
- **Respecto de las temperaturas alcanzadas:** Se verifica que los sistemas no conservan la temperatura del fluido ante días de muy baja temperatura y radiación (día tipo 3). En el caso de existir radiación se observa para ambos sistemas que las extracciones realizadas entre el mediodía y la tarde se realizan a temperaturas que alcanzan el nivel deseado (38 °C). Para el caso de la extracción matutina, esta se realiza a niveles térmicos menores (entre 25 °C y 30 °C), lo cuál para este caso también se considera aceptable si se trata de aseo personal mínimo, evitando ducha.
- **De los hábitos de uso:** Su viabilidad se mide por la capacidad de alcanzar ciertos niveles térmicos a partir de un uso básico del recurso: aseo personal y lavado de utensilios. En el caso de los días semi-nublados (día tipo 2) las



respuestas térmicas de los sistemas responde a niveles aceptables. De los gráficos se observa que el recurso sería muy aprovechable los días de plena radiación y medianamente aprovechable los días intermedios. Su máximo nivel térmico se determina entre las 12:38 h. y las 21:34 h. A partir de ese horario la temperatura baja de 38 ° C.

#### Rendimiento de los sistemas en situación estática y dinámica.

Se calcula el rendimiento diurno de cada sistema en forma global (placa y acumulador). El rendimiento de placa se prevé evaluar en el futuro. Para calcular el rendimiento global diario (1) durante el período de asoleamiento consideramos:

$$\eta = (Masa * Cp * \Delta T) \div Area * I \quad (1)$$

Para calcular el rendimiento global diurno en sistema dinámico se seleccionó el día 26/07 durante el cuál para el colector de Pe la masa involucrada fue de 45 litros extraídos, con una temperatura de entrada de 11 ° C y una temperatura de salida de 42 ° C. Durante el día se registró una radiación total sobre el plano de trabajo equivalente a una energía de 17.438,9 Kj/m<sup>2</sup> (4172 kcal/m<sup>2</sup>) (2).

$$\eta = 45 * 4,18 * (42 - 11) \div 2 * 17.438,9 = 0,16 \quad (2)$$

Para ese mismo día en el colector de PVC la masa involucrada fue de 45 litros extraídos. Temperatura de entrada de 11 ° C y Temperatura de salida de 38 ° C. Durante el día se registró una radiación total sobre el plano de trabajo equivalente a una energía de 17.438,9 Kj/m<sup>2</sup> (4172 kcal/m<sup>2</sup>) (3).

$$\eta = 45 * 4,18 * (38 - 11) \div 2 * 17.438,9 = 0,14 \quad (3)$$

Conocidos los requerimientos globales consideramos necesario evaluar en la situación dinámica *los tiempos de recuperación de la temperatura del agua* al incorporar un volumen de agua fría al tanque en un período de extracción para los dos sistemas. Para ello analizaremos un lapso de tiempo dentro de un día tipo 1 de julio (con máxima radiación solar de 580 w/m2 sobre plano horizontal) (ver gráfico 4). La Tabla 2 sintetiza los estados iniciales, durante la extracción y finales de las temperaturas en juego y la energía utilizada.

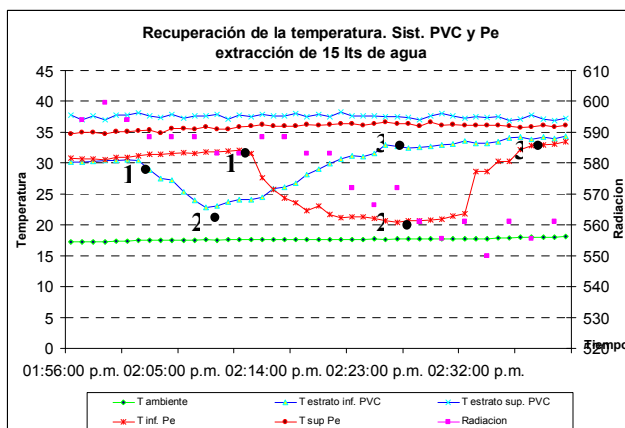


Gráfico 4: Período de extracción de un volumen de agua y recuperación de la temperatura de la misma.

	1- Situación inicial	2- Extracción de agua caliente e incorporación de agua fría (15lt)	3-Recuperación de la temperatura
Pe	Hora: 14:11 T amb.: 17,6 °C T tanque estrato superior: 35,8 °C T tanque estrato inferior: 32,6 °C Energía entregada 443,08 Kj/m <sup>2</sup> (106 kcal/m <sup>2</sup> ) * 2 m <sup>2</sup> = 886,16 Kj total	Hora: 14:25 T amb.: 17,7 °C T tanque estrato superior: 36,3 °C T tanque estrato inferior: 20,38 °C	Hora: 14:36 T.amb.: 18 °C T tanque estrato superior: 35,74 °C T tanque estrato inferior: 32,22 °C <b>Tiempo de recuperación: 11 min.</b>
PVC	Hora: 14:01 T ambiente: 17,4 °C T tanque estrato superior: 37,75 °C T tanque estrato inferior: 30,53 °C Energía entregada 443,08 Kj/m <sup>2</sup> * 2 m <sup>2</sup> = 886,16 Kj total	Hora: 14:08 T ambiente: 17,6 °C T tanque estrato superior: 37,6 °C T tanque estrato inferior: 22,87 °C	Hora: 14:20 T ambiente: 17,6 °C T tanque estrato superior: 38,23 °C T tanque estrato inferior: 30,72 °C <b>Tiempo de recuperación: 11 min.</b>

Tabla 2: Síntesis de las temperaturas en las tres instancias para el 26/07

Par el cálculo del rendimiento global diurno en situación estática se seleccionó el día 28/07 para el colector de Pe. La masa de acumulación involucrada es de 80 Kg (lt). La temperatura promedio de inicio es 24,95 ° C (estrato superior 28,34-estrato inferior 21,55°C). Al final del período de radiación se registra una temperatura promedio de 49,17 ° C (estrato superior a 50,54 °C- estrato inferior a 47,8 °C). Durante el día se registró una radiación total sobre el plano de trabajo equivalente a una energía de 17.071,12 Kj/m<sup>2</sup> (4084 kcal/m<sup>2</sup>) (4). En consecuencia:

$$\eta = 80 * 4,18 * (49,17 - 24,95) \div 2 * 17.071,12 = 0,23 (4)$$

Finalmente para ese mismo día en el colector de PVC la masa de acumulación involucrada es de 80 Kg (lt). La temperatura promedio de inicio es 31,6 ° C (estrato superior 32,45 ° C -estrato inferior 30,78 ° C). Al final del período de radiación se registra una temperatura promedio de 54,88 ° C (estrato superior a 55 ° C- estrato inferior a 54,68 ° C). Durante el día se registró una radiación total sobre el plano de trabajo equivalente a una energía de 17.071,12 Kj/m<sup>2</sup> (5). En consecuencia:

$$\eta = 80 * 4,18 * (54,88 - 31,6) \div 2 * 17.071,12 = 0,22 (5)$$

## CONCLUSIONES

El desarrollo y evaluación de ambas tecnologías ha permitido establecer que:

- El colector de PVC presenta un sistema constructivo sencillo y estanco, con un funcionamiento eficaz tanto en niveles térmicos, como en rendimientos y costos de construcción (519 \$ x 2 m<sup>2</sup>). Entre las dificultades podemos mencionar los cuestionamientos relacionados a los problemas de contaminación del material PVC en cuanto a su producción y en el caso de fluido circulante a temperatura con posibilidades de ingesta humana. Dichas restricciones aún presentan controversias en el mercado.
- El colector de Pe presenta resultados similares, con un alcance en los niveles de temperatura algo inferiores (4 ° C), justificadas por aptitudes constructivas y dimensionales diferentes del material utilizado (menos superficie de captación). En cuanto a su armado requiere de pasos intermedios en sus componentes de unión; y su coloración evita la etapa del pintado de la superficie colectora. Los costos son similares (555 \$ x 2 m<sup>2</sup>) y los usuarios han demostrado una mayor afinidad con la tecnología por ser de uso cotidiano para los mismos (riego, etc.) En cuanto a los aspectos ambientales y de contaminación no se han registrado restricciones.

Con respecto a los ensayos dinámicos y estáticos, se verifican niveles térmicos y de recuperación aceptables para los requerimientos para los que fueron diseñados- Se verificó la viabilidad de su uso fundamentalmente para los días de radiación máxima e intermedios (días tipo 1 y 2), evidenciando en el caso más desfavorable una respuesta sólo a requerimientos básicos de uso (higiene parcial y lavado de utensilios). Los días de baja radiación (día tipo 3) ambos sistemas no operan. Esta dinámica requiere establecer puntos muy definidos y precisos de usos a los efectos de un mejor aprovechamiento del recurso de agua caliente.

Por ultimo debemos reconocer que esta tecnología y procedimiento de evaluación tienen como objetivo implementar una posible inserción en un sector de bajos recursos, a través de la implementación de un “*Kit de fabricación de Colectores de Bajo Costo*”, que incluiría manual de autoconstrucción, costos proporcionales, eficiencia térmica y uso adecuado de los materiales.

## REFERENCIAS

- G. San Juan. C. Discoli. M. Hall, C. Gentile, G. Viegas, V. Barros, J. Arévalo. (2006). Ensayo de colectores de bajo costo para calentamiento de agua. Reunión de Trabajo de ASADES, Buenos Aires..
- Guerrero, J. (1978). Días tipo de Diseño. Programa CESAD. IAS-FABA.
- E. Rosenfeld. G. San Juan. C. Discoli G. Viegas, (2004). “*Transferencia de tecnología apropiada en servicios básicos para sectores de escasos recursos*”.

**ABSTRACT:** This work introduces the results of the construction, measuring and comparison of two types low cost accumulator collectors. Two solar collectors system of 2 square meters impounding surface and 80 liters of gathering water each one, were compared. The absorbing surfaces have been constructed with synthetics materials: Polyvinyl Chloride (PVC) and Polythene (Pe). Both collectors have a fifty millimeters section. This paper presents the advantages and disadvantages of the making process in relation with the social transference environment (low resources community). It was analyzed the temperature level reached of the water accumulator tank, through the analysis of two situations: Dynamic (manual mechanism of daily extraction) and Static (without extraction). The measuring period belongs to 18 days of winter season (07/24 to 08/10 of 2007).

**Keywords:** Gathering Collector, Low Cost, Low Resources Community.